

# دندریمر در پزشکی



مژگان زنده‌دل<sup>۱</sup>، هانیه علیخانی<sup>۲</sup>، محمود قاصی خوانسازی<sup>۳</sup>

۱ و ۲: گروه شیمی دانشگاه اراک،

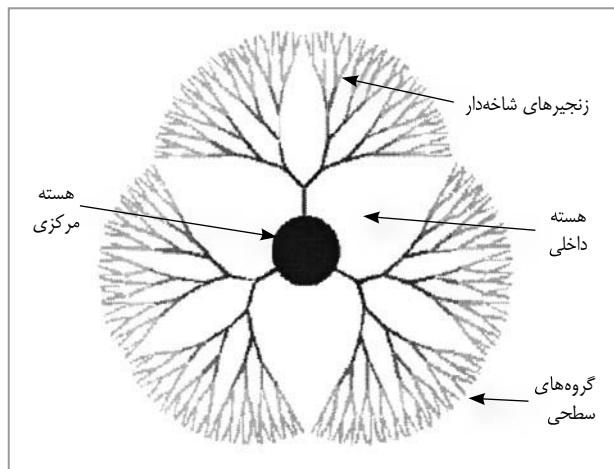
۳: گروه فارماکولوژی دانشگاه علوم پزشکی تهران

زنجیرهای پلیمریزه شده مولکولی هستند و هر کدام یک زنجیر جدید تولید می‌کنند و به صورت واگرا در اطراف هسته قرار می‌گیرند. سطح گوی شکل دندریمرها با زنجیرهای بی‌شمار شبیه پرز روی کلاف کاموا می‌باشد. در طول سنتز انتهای زنجیرها می‌توانند گروههای عاملی شیمیابی ویژه‌ای تشکیل دهند. به عنوان مثال ممکن است بار الکتریکی بپذیرند و دندریمر به عنوان پلی الکتروولیت به کار برود. دیگر موارد از جمله اندازه خارجی دندریمر و معماری داخلی دندریمر در طول سنتز می‌تواند کنترل شود و این امکان ساخت یک حفره یا کانال با خواصی متفاوت از خواص بیرون دندریمر را فراهم می‌سازد و دندریمرها را به عنوان یک حامل برای میهمان قرار می‌دهد. با این توانایی دندریمرها

اولین بار در سال ۱۹۸۰ دونالد تومالیا و همکارانش، مولکولهای بسیار شاخه‌دار و منظمی را کشف کردند که نام آن‌ها را دندریمر از کلمه یونانی *dendron* به معنای درخت و *meros* به معنای بخش تشکیل شده است.

در همان زمان نیز گروه نیوکام (Newkome) به طور مستقل گزارشی را در مورد تهیه ماکرومولکولهای مشابه دندریمر منتشر کردند و نام آن‌ها را آبورول (Arborol) نهادند که از کلمه لاتینی *arbor* به معنای درخت گرفته شده است. درختی را تصور کنید که هر شاخه آن با یک طول معین به دو شاخه تقسیم می‌شود. این روند تا زمانی که شاخه‌ها به صورت مناطق متراکم به شکل بیضی تولید شوند ادامه می‌باید. در یک دندریمر انشعابات

شکل ۱ - ساختار دندریمر



مولکول اتیلن دی‌آمین واکنش دهد. دندریمرهای دارای توالی پایین‌تر ( $0, 1, 2$ ) نامتقارن هستند و ساختارهایی با گشودگی بیشتر، در مقایسه با دندریمرهای با توالی بیشتر دارند. با توجه به این که زنجیرهایی که از مولکول هسته شروع به رشد می‌کنند بلندتر و شاخه‌دارتر می‌شوند، در توالی  $4$  قرار می‌گیرند. بیشتر دندریمرها ساختار کروی اتخاذ می‌کنند و به طرف بیرون با گستردگی فشرده‌تر می‌گردند و شکلی شبیه غشا به شدن، دارای فضای بزرگی برای اسیدها و بزرگی مخصوصاً از این حالت شاخه‌ای شدن خود می‌گیرند. وقتی که این حالت شاخه‌ای شدن به وضعیت بحرانی برسد دندریمر به دلیل ممانعت فضایی نمی‌تواند رشد کند که این پدیده اثر

می‌توانند به عنوان عوامل انتقال دارو و ژن به هدف یا راکتورهای در ابعاد نانو برای کاتالیزورها به کار بروند. علاوه بر این به عنوان واحدهای ساختاری برای نانو تکنولوژی نیز به کار می‌روند. اولین دندریمرهایی که سنتز شدند پلی‌آمیدوآمین‌ها (PAMAM) بودند (۱). در این ترکیبات، آمونیاک به عنوان مرکز مولکول مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حضور متانول، آمونیاک با متیل‌اکریلات واکنش می‌دهد و سپس اتیلن دی‌آمین به آن اضافه می‌شود.

در انتهای هر شاخه گروه آمین آزادی وجود دارد که می‌تواند با دو منomer متیل‌اکریلات و دو



متداول مانند واکنش مایکل یا سنتز ویلیامسون انجام می‌باید، روش‌های دیگر شامل استفاده از شیمی در تکنیک‌های مدرن مانند سنتز حالت جامد، شیمی آلی فلزی، اورگانو سیلیکون، اورگانو فسفر یا دیگر روش‌های آلی نوین است. انتخاب واکنش رشد مسیر افزایش شاخه به دندریمر را تعیین می‌نماید.

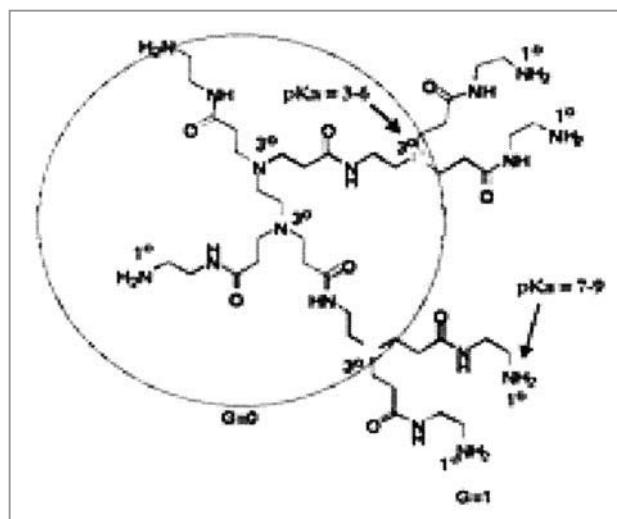
### ■ سنتز دندریموها

دو روش برای سنتز دندریمرها وجود دارد: روش و اگرا و روش همگرا convergent و divergent. روش و اگرا برای اولین بار در سال ۱۹۸۵ توسط دونالد تومالیا کشف شد. این نام از شیوه‌ای گرفته شده است که دندریمر از هسته به بیرون رشد می‌نماید. شکل شماتیک رشد و اگرا در زیر نشان می‌نماید. شکل شماتیک رشد و اگرا در زیر نشان

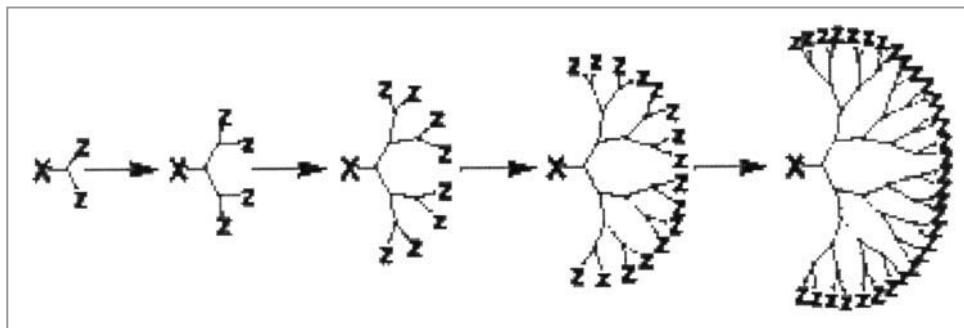
انفجرار ستاره‌ها نامیده می‌شود. برای سنتز دندریمر PAMAM این پدیده بعد از توالي دهم دیده می‌شود به طوری که سرعت واکنش به طور ناگهانی افت می‌کند و واکنش بیشتری با گروه‌های انتهایی انجام نمی‌گردد. توالي دهم PAMAM شامل ۱۲۴AO بخش منومری است و در حدود ۱۴۱ قطر دارد. افزایش دانسیته شاخه‌ها با توالي به نظر می‌رسد دارای تاثیر شگفت‌انگیزی روی ساختار دندریمرهاست (۲).

تهیه دندریمرها شامل تناوبی از واکنش‌های رشد و فعال‌سازی است اغلب این واکنش‌ها در سایت‌های زیادی روی همان مولکول به طور همزمان صورت می‌گیرد. این واکنش‌ها باید دارای بازده بالای برای ساختمان بزرگ مورد نظر باشد. سنتز بسیاری از دندریمرها به وسیله واکنش‌های

شکل ۲ - ساختار دندریمر PAMAM



شکل ۳



تا زمانی که به اندازه مطلوب برسد ادامه می‌یابد. این شاخه‌ها که از درون به یکدیگر متصل هستند سپس به مولکول هسته متصل می‌شوند. اتصال همگرا به منظور حذف نقاط ضعف سنتز و اگرا توسعه یافت. رشد همگرا از انتهای دندربیمرهای قرار گرفته در سطح شروع می‌شوند و با اتصال بخش‌های مختلف سطح با منومرهای بیشتر به سمت داخل ادامه می‌یابد (۳).

اگر چه جهت سنتز و اگرا آینده بسیار خوبی پیش بینی می‌شود ولی رشد دندربیمرها در آن به دهها و حتی صدها واکنش احتیاج دارد. این امر ممکن است منجر به ایجاد مخلوطی از دندربیمرها با ساختارهای مشابه گردد که با محصول نهایی همسان در نظر گرفته شود. در حالی که سنتز همگرا به دو واکنش در هر مرحله برای فرآیند رشد نیازمند است این امر موجب خالص‌سازی ماده حد واسط و تولید محصول نهایی با خلوص بیشتر می‌شود. مطالعات فریچت و همکارانش بررسی خصوصیت سیستم‌های انتقال ژن یا دارو با استفاده از دندربیمرهای بطوری که دندربیمرها را در الکترونیک‌های مولکولی

داده شده است. این شیوه با یک هسته مرکزی شروع می‌شود که به لایه‌های منسجم و متراکم یا توالی‌های شاخه‌دار یا دندرون‌ها ادامه می‌یابد. شروع واکنش از یک هسته فعال است. یک توالی رشد می‌کند و سپس مولکول برای واکنش با مونرهای بیشتر فعال می‌شود. این دو مرحله تکرار می‌شوند. اتصال و اگرا برای تولید دندربیمرهای با کیفیت بالا موفق است. در هر مرحله اضافه شدن توالی، جرم دندربیمر دو برابر می‌شود. دندربیمرهای خیلی بزرگ با این شیوه تولید می‌شوند. اما مراحل رشد کامل نیست و واکنش‌های جانبی منجر به تولید نمونه‌هایی با نقص بالا می‌شوند. در رشد و اگرا دندربیمرها را نمی‌توان به طور کامل از دیگر محصولات فرعی جدا کرد. در سال ۱۹۸۹، Ferechét شیوه سنتز دندربیمرها با نام همگرا را ابداع نمود. این شیوه اتصال به این ترتیب که دندربیمرها توسعه پیدا کنند و سپس به سمت داخل ساخته شوند ابداع شد. دو دنباله انتهایی به هم متصل می‌شوند و یک منومر شاخه‌دار به شکل یک دندرون تشکیل می‌دهند و این فرآیند

مرحله‌ای دندانهایی با اندازه یکسان و با گروه‌های سطحی ناخالصی بسیار پایین تولید می‌کند.

مقاومت برشی بالا؛ ساختار سه بعدی دندانهای دارای مقاومت بالایی در مقابل نیروی برشی و حل شدن می‌باشد. سمیت پایین؛ بیشتر سیستم‌های دندانهایی سطح بسیار پایینی از سمیت دارند. ایمینوژنیستی پایین؛ دندانهای زمانی که تزریق می‌شوند عموماً عکس عمل‌های ایمینوژنیک ناچیزی از خود نشان می‌دهند.

محلول دندانهای دارای ویسکوزیته پایین تری نسبت به پلیمرهای خطی هستند. با افزایش جرم مولکولی دندانهای دندانهای ویسکوزیته افزایش می‌یابد تا اینکه در توالی چهارم به مقدار ماکریزم می‌رسد و بعد از آن شروع به افت می‌کند در حالی که در پلیمرهای کلاسیک ویسکوزیته ذاتی به طور پیوسته با افزایش جرم مولکولی افزایش می‌یابد. حضور تعداد زیاد زنجیرهای انتهایی باعث حلایت و فرآیند پذیری و واکنش پذیری بالای مولکول

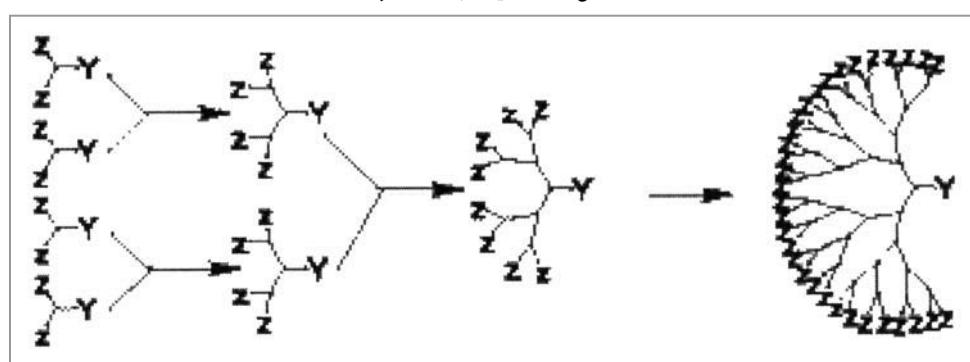
برای ذخیره اطلاعات یا برای نانو الکترونیک به کار می‌برند. همچنین در مطالعاتی دندانهای دندانهایی در فرآیندهای شناسایی جدید و دیگر مواد پلیمری در فرآیندهای مولکولی و جداسازی به عنوان ترکیبات عامل دار و در حد میانی از استفاده می‌شود. بعد از توسعه روش همگرا تلاش دانشمندان بر سنتز دندانهایی متتمرکز شد. نتایج این تحقیقات در شکل زیر نشان داده شده است. این شیوه شامل استفاده از پیش الیگومرهاست که به هم متصل شده و دندانهایی را با مراحل کمتر و بازده بیشتر تولید می‌کنند.

### ■ خواص دندانهای دندانهای

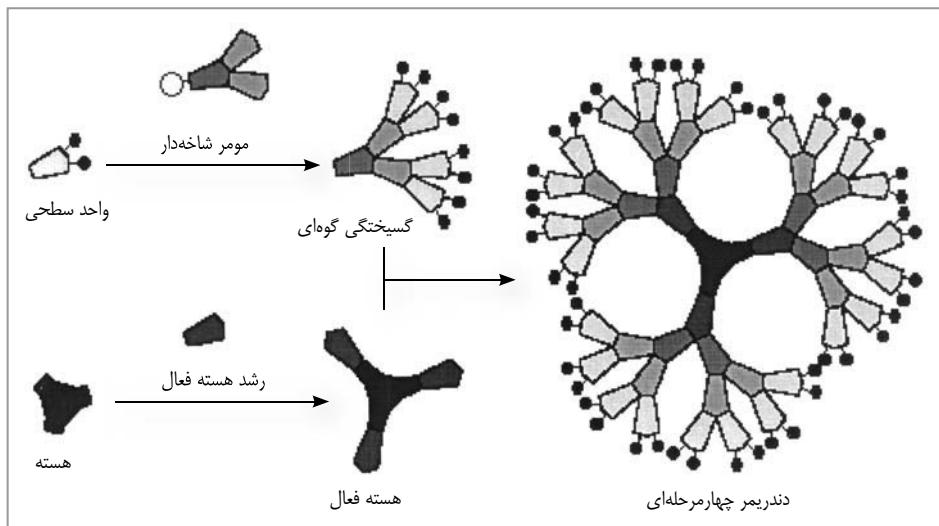
به دلیل ساختار مولکولی ویژه، دندانهای دندانهای خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه‌ای در مقایسه با پلیمرهای خطی متدائل دارند. این مولکول‌ها ساختارهای شاخه‌داری هستند که نظم فضایی بالای دارا می‌باشند. خواص دندانهای دندانهای به شرح زیر است:

خلوص و همشکلی بالا؛ فرآیند سنتز چند

شکل ۴ - شماتیک رشد همگرا



شکل ۵



پلیپروپیلن ایمین با ۳۲ گروه انتهایی و گروههای آزوینزن تحت یک واکنش فتوایزومریزاسیون کاملاً برگشت‌پذیر هستند. ایزومر E به وسیله نور با طول موج ۳۱۳nm Z تغییر می‌کند و می‌تواند به وسیله اشعه‌های با طول موج ۲۵۴nm یا گرما به حالت E برگردد. یک چنین دندانپزشکی می‌تواند نقش میزبان تغییر دهنده اشعه برای Y easin را بازی کند.

تغییر فتوشیمیایی سطح دندانپزشکی باعث کپسوله کردن و رها کردن مولکول میزبان می‌شود. آزمایشات آرچات نشان داد که فرم Z دندانپزشکی با چهار توالی میزبان‌های بهتری نسبت به فرم E می‌باشند.

بیش از پنج خانواده از دندانپزشکی با خواص بی‌نظیر وجود دارند، زیرا سطح قسمت درونی و حفره دندانپزشکی را می‌توان به منظور مناسب

می‌شود. حلایق دندانپزشکی به طبیعت گروههای سطحی بسیار وابسته است دندانپزشکی که با گروههای هیدروفیل خاتمه می‌یابند در حلایق قطبی حل می‌شوند در حالی که دندانپزشکی دارای گروههای انتهایی هیدروفوب در حلایق غیرقطبی حل می‌گردند.

دندانپزشکی با توالی پایین‌تر و با اندازه بزرگ که شکل آن‌ها به صورت یک سطح متراکم شده و محکم نمی‌باشد، دارای نسبت سطح به نسبت حجم (بالای ۵/۱۰۰۰m<sup>2</sup>) بالایی هستند. خواص بر جسته دندانپزشکی به شکل کروی و حضور حفره درونی آنهاست و اهمیت این امر در امکان کپسوله کردن مولکول میزبان می‌باشد.

آرچات Archut و همکارانش شیوه‌ای را گسترش دادند که در آن جعبه می‌تواند به طور فتوشیمیایی باز شود و توالی چهارم دندانپزشکی

(U.S.A) Dade International Inc می‌روند. یک روش جدید را برای تست قلب آغاز کرده است. پروفتین موجود در نمونه خون به وسیله دندریمرها ثابت نگه داشته می‌شوند و با گلوبول‌های سفیدی که به وسیله دندریمرها روی لام ثابت شده‌اند تشکیل پیوند می‌دهند. این عمل آسیب‌های واردہ به ماهیچه قلب را نشان می‌دهد. این شیوه زمان انتظار برای تست خون را کاهش می‌دهد. وقتی که به طور اتفاقی بدون اتصال به دندریمرها تست ایمینو‌گلوبین به کار می‌رود، تست به مدت ۴۰ دقیقه ادامه می‌یابد. این روش زمان لازم برای تست قلب را نسبت به تست خون بسیار کاهش می‌دهد. امتراج دندریمرها و آنتی‌بادی‌ها حساسیت و صحت آزمایش را بهبود می‌بخشد.

دندریمرها در مطالعه رزونانس مغناطیس به عنوان عامل وضوح تصویر به کار می‌روند. تصویر رزونانس

برای کاربردهای مختلف طراحی کرد. بسیاری از کاربردهای مربوط به دندریمرها به دلیل شکل مولکولی غیرمشابه و سطح دارای گروه‌های عاملی چند تایی و حضور حفره‌های داخلی می‌باشد. این خواص ویژه دندریمرها را برای استفاده‌های مختلف تکنولوژیکی شامل کاربردهای صنعتی و دارویی مناسب می‌سازد.

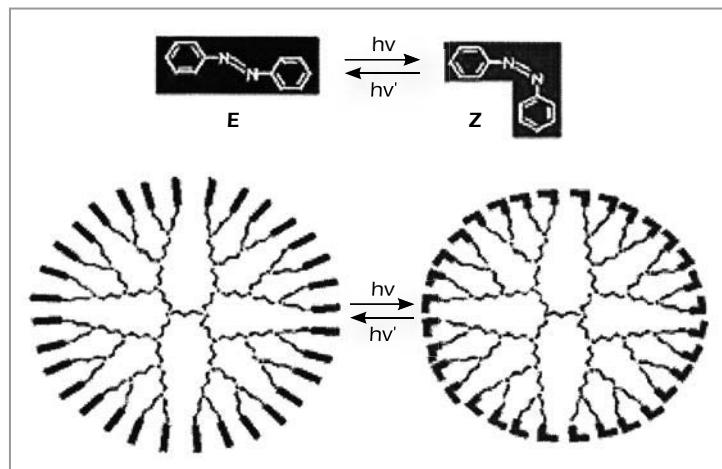
#### ■ کاربرد صنعتی دندریمرها

دندریمرها می‌توانند با به دام انداختن یون‌های فلزی محیط را از این مواد پاک کنند. زیرا آن‌ها اجازه می‌دهد که با تکنیک‌های الترافیلتراسیون فیلتر شوند.

#### ■ کاربرد دندریمرها در تشخیص آزمایشگاهی

دندریمرها در تشخیص آزمایشگاهی به کار

شکل ۶



انسان به وسیله ویروس آنفولانزا را دارا می‌باشدند. اولین مرحله در آغاز بیماری به وسیله ویروس آنفولانزا اتصال این ویروس به غشاء سلول است. این اتصال در سراسر گیرنده‌های ویروس منعقد کننده با گروههای اسید سیالیک در سطح سلول اتفاق می‌افتد.

سیالو دندریمرها با هموگلوبین تشکیل پیوند می‌دهند و بنابراین از حمله ویروس به سلول جلوگیری می‌کنند. آن‌ها به عنوان عوامل معالجه بیماری در جلوگیری از عفونت‌های باکتریایی و ویروسی مفید هستند. اتصال بخش‌های اسید آلفا سیالینیک به سطح دندریمر اثر ضدبیماری نشان می‌دهد و به دندریمرها اجازه می‌دهد که به فعالیت بالایی در مبارزه با بیماری آنفولانزا برسند. این اثر در معالجه بیماری‌ها با افزایش در تعداد گروههای اسید سیالینیک افزایش می‌یابد.

تأثیر ضدبیماری هر دارویی به حلالیت خوب آن در محیط آبی بدن به شدت وابسته می‌باشد. مواد زیادی وجود دارند که دارای فعالیت بالایی در مبارزه با بیماری‌ها هستند اما به دلیل عدم حلالیت برای معالجه بیماری به کار نمی‌روند. دندریمرهای محلول در آب قادر به تشکیل پیوند و ایجاد حل کنندگی به مولکول‌های هیدروفوبیک اسیدی با خواص ضد باکتریایی و ضد قارچی می‌باشند. سوبستراهای پیوند داده شده ممکن است در اثر واکنش با مواضع موردنظر در عضو زنده رها شوند. چنین کمپلکسی ممکن است به عنوان سیستم انتقال دارو مورد توجه قرار بگیرد (۵).

دندریمرها به عنوان عامل‌های روکش برای محافظت یا انتقال دارو به سایت‌های خاص در

مغناطیس (MRI)<sup>۱</sup> یک روش دو بعدی تولید تصاویر آناتومیک رگ‌های خون و اعضای بدن می‌باشد. بیمار را در یک میدان مغناطیسی غیرهموژن که منجر به ایجاد سیگنال‌های رزونانس هسته آب است قرار می‌دهند که این سیگنال‌ها از منبع خود منتشر می‌شوند و به تصویر تبدیل می‌شوند. علاوه بر عامل‌های وضوح، کاتیون‌های فلزی پارامغناطیس حساسیت و گزینش‌پذیری روش را بالا می‌برند. نمک گادولینیوم دی‌اتیلن تری‌آمین‌پنتا اسید (DTPA)<sup>۲</sup> به طور تکنیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما به دلیل جرم مولکولی پایین به اطراف پخش می‌شوند. دندریمرها به دلیل خواصشان به عنوان تصاویر محیط‌های تصویری به کار می‌روند. چندین گروه دندریمرهای شامل یون‌های گادولینیوم خوش‌های شده در سطح را تهیه شده‌اند. آزمایشات نشان می‌دهد که چنین دندریمری در مقایسه با انواع متداول به عنوان عامل ایجاد وضوح مناسب‌تر است. آن‌ها همچنین تصویر ساختمان عروق را در آنتیوگرافی رزونانس مغناطیس (MRA) بهبود بخشیده‌اند که این امر نتیجه‌ای از نسبت سیگنال به نویز عالی می‌باشد (۴).

## ■ کاربرد دندریمرها در داروها

تلash‌های زیادی برای استفاده از دندریمرها به عنوان حامل‌های دارو و دیگر عامل‌های درمان بیماری‌ها انجام شده است. مولکول‌های دارو می‌توانند به وسیله هر دو قسمت سطحی و داخلی دندریمر حمل شوند.

دندریمرهای سیلیل دار که سیالو دندریمر نام دارند، توانایی جلوگیری از انعقاد گلبول‌های سفید

دندریمرها می‌توانند به عنوان حمل کننده ناقل ژن نامیده می‌شوند. ژن‌های انتقال دهنده از غشا سلول به طرف هسته می‌روند. دندریمرهای PAMAM به عنوان مواد انتقال دهنده ژنتیک به کار می‌روند. آن‌ها با گروههای آمینو که با گروههای فسفات اسیدهای نوکلئیک واکنش می‌دهند. مطمئناً این واکنش شامل تشکیل کمپلکس حد واسط است و عامل انتقال SuperFect نامیده می‌شوند که دارای دندریمرهای فعال شده است که در دسترس هستند. دندریمرهای فعال شده می‌توانند مقدار زیادی از مواد ژنتیکی را از ویروس حمل کنند. کمپلکس‌های SuperFect DNA با حلالیت بالا و گزینش‌پذیری بالا در انتقال DNA به هسته از لیپوسومس شناخته شده‌اند. کارایی بسیار بالای دندریمرها برای انتقال ژن تنها به دلیل شکل خوب آن‌ها نیست بلکه ممکن است به دلیل PK پایین گروه آمین باشد.

**■ کاربرد دندریمرها به عنوان نانو کپسول**  
یکی دیگر از موارد کاربرد دندریمرها استفاده از دندریمرها به صورت نانو کپسول است: نانو کپسول چیست؟ یک نانو کپسول هر نانو جزئی است که شامل پوسته و هسته است و می‌تواند موادی را در درون خود جای دهد. تکنولوژی مربوط به مواد میکرو کپسوله کننده به چندین سال پیش جهت کاربردهایی مانند مینیمم کردن هیگروسکوپی و واکنش‌های شیمیایی حذف و اکسیداسیون و کنترل آزادسازی بر می‌گردد. نانو کپسوله کننده‌های پلیمری می‌توانند با روش‌های مختلف ساخته شوند. آن‌ها می‌توانند

بدن یا به عنوان رها کننده تدریجی برای عامل‌های فعال بیولوژیکی به کار می‌روند. ۵ - فلوروپوراسیل به عنوان فعال کننده ضدتومور اما با تاثیر جانبی و سمیت بالا می‌باشد. دندریمرهای PAMAM بعد از آسیل دار شدن می‌توانند دندریمر مزدوج ۵ - فلوروپوراسیل دندریمر را تشکیل دهند. این دندریمرها در آب حل می‌شوند و در اثر هیدرولیز ۵ - فلوروپوراسیل آزاد را می‌کنند. رها شدن آهسته سمیت ۵ - فلوروپوراسیل را کاهش می‌دهد. چنین دندریمرهایی به نظر می‌رسد برای انتقال داروهای ضدتومور مفید باشند (۶). عامل‌های درمان بیماری می‌توانند به دندریمر برای انتقال مستقیم متصل شوند. یک مثال خوب از چنین کاربردهایی استفاده از دندریمرها در معالجه به طریق نوترون بور (BNCT)<sup>۱</sup> می‌باشد.

نوترون بور، یک مثال از روش‌های درمان سرطان است که به صورت یک فرایند دو مرحله‌ای می‌باشد. ابتدا یک ماده دارویی که رادیواکتیو نیست و به طور انتخابی به سلول سرطانی مهاجرت می‌کند به شخص بیمار تزریق می‌شود. این ترکیب شامل یک ایزوتوپ <sup>10</sup>B می‌باشد. سپس بیمار تحت تاثیر اشعه خنثی دارای انرژی پایین یا نوترون قرار می‌گیرد. نوترون در تومور با بور برای تولید ذرات آلفا واکنش می‌دهد. که تومور را تخریب کرده به صورت سلول‌های طبیعی بی‌اثر رها می‌کند. به منظور دستیابی به واکنش تخریب تعداد زیادی از اتم‌های <sup>10</sup>B باید به وسیله هر سلول سرطانی منتقل می‌شوند. دندریمرها به وسیله اتصال کووالانسی اتم‌های بور تهیه می‌شوند و تست اولیه آن‌ها جواب مثبت می‌دهد (۷).

### زیرنویس

1. Magnetic Resonance Imaging.
2. Diethylenetriamine pentaacid.
3. Boron Neutron Capture Therapy.

### منابع

1. Tomalia DA, Baker H, Dewald J, Hall R, Kallos G, Martin S, Roeck S, Ryder S, Smith P. A new class of polymers: Starburst-dendritic macromolecules. *Polym J* 1985; 17: 117-132.
2. Tomalia D A, Naylor AM, Goddard WA. Starburst dendrimers: Molecular-level control of size, shape, surface chemistry, topology, and flexibility from atoms to macroscopic matter. *Angew Chem Int Edn* 1990; 29: 138-141.
3. Fischer M, voegtle F. Dendrimers: From design to application-A progress report. *Angew Chem Int Edn* 1999; 38: 884-886.
4. Bourne MW, Margerun L, Hylton N. Evaluation of the effects of intravascular MR contrast media (gadolinium dendrimer) on 3D time of flight magnetic resonance angiography of the body. *J Magn Reson Imaging* 1996; 6: 305-313.
5. Sigal GB, Mammen M, Dahmann G, Whitesides GM. Polyacrylamides bearing pendant alpha-sialoside groups strongly inhibit agglutination of erythrocytes influenza virus: The strong inhibition reflects enhanced binding through cooperative polyvalent interaction. *J Am Chem Soc* 1996; 118:3789-3800.
6. Lia M, Kono K, Frechet JMJ. Water-soluble dendritic unimolecular micelles. *J Controlled Release* 2000; 65: 21-129.
7. Hawthorne MF. The role of chemistry in the development of boron neutron capture therapy of cancer. *Angew Chem Int Edn* 1993; 32: 946-950.
8. Capala J, Barth RF, Bendayam M, Lauzon M. Bronated epidermal growth factor as a potential targeting agent for boron neutron capture therapy of brain tumors. *Bioconjug Chem* 1996; 7:7-15.

به صورت ذرات منو دیسپرس با خواص مغناطیسی نوری و بیو شیمیایی تعریف شده‌ای ساخته شوند و یا به عنوان کمپلکس‌هایی برای منظورهای خاصی مانند رها کردن محتوا ایشان در پاسخ به مکانیسم به جریان انداختن ذرات بیومولکولی در سیستم‌های انتقال دارو طراحی شوند.

نانوکپسول‌ها می‌توانند به عنوان داروهای هوشمند که پاسخ‌های شیمیایی خاصی می‌دهند و تنها با سلول‌های خاصی پیوند می‌دهند باشند. مزیت تکنولوژیکی نانوکپسوله کردن برای کاربردهای دارویی عبارتند از: حمل بالاترین مقدار با کمترین حجم، نگهداری مقادیر مرکز فعال به مدت طولانی، بیشترین سرعت جذب مواد دارویی فعال، افزایش دسترسی بذری طبیعی دارو، بالاترین ایمنی و اثربخشی و بهبود سازگاری بیمار با دارو می‌باشد. جدا از توانایی انتقال داروهای موجود به هدفشان، نانوکپسول‌ها ۱۰۰۰ بار مقدار دارو را کاهش می‌دهند و آثار جانبی مضر داروهای مورد استفاده در کمoterapی را کاهش می‌دهند. اغلب موقع داروها به دلیل تاثیرات جانبی ناخواسته به بازار عرضه نمی‌شوند. اما قرار گرفتن همان دارو درون نانوکپسول و انتقال آن به طور مستقیم به هدف در نظر گرفته شده میزان دارو را کاهش می‌دهد و بعضی از این آثار جانبی را حذف می‌کند و یا حداقل به سطح مطلوبی می‌رساند (۸).